

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO
TRABALHO

BIANCA CRISTINA SELLA

**COMPARATIVO ENTRE AS TÉCNICAS DE ANÁLISE DE
RISCOS APR E HAZOP**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2014

BIANCA CRISTINA SELLA

**COMPARATIVO ENTRE AS TÉCNICAS DE ANÁLISE DE
RISCOS APR E HAZOP**

Monografia de Especialização apresentada ao Departamento Acadêmico de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, do campus Curitiba.

Orientador: Prof. Msc. Roberto Serta.

Co-orientador: Prof. Dr Marcelo Costella.

CURITIBA

2014

BIANCA CRISTINA SELLA

**COMPARATIVO ENTRE AS TÉCNICAS DE ANÁLISE DE RISCOS
APR E HAZOP**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientador:

Prof. M.Eng. Roberto Serta
Professor do XXVIII CEEST, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Banca:

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. Dr. Adalberto Matoski
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba
2014

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

AGRADECIMENTOS

Aos pais Sérgio Luís Sella e Márcia Mior e ao meu irmão Vinícius Luís Sella, pela força e compreensão nos momentos de ausência.

Ao co-orientador Marcelo F. Costella pela atenção, contribuição e disponibilidade durante todo o desenvolvimento deste estudo.

Ao orientador Roberto Serta pelas diretrizes e orientações que serviram como base para o desenvolvimento do trabalho.

À Radix Engenharia e sua Universidade Corporativa por acreditarem na importância do tema e na contínua especialização dos seus colaboradores.

Ao companheiro e colega de profissão Gustavo T Meller pelo apoio, pela compreensão nas horas de ausência, pelo incentivo pessoal e profissional e pelas sugestões dadas ao trabalho.

Aos colegas de profissão Carolina Müller e Adonis Carvalho pela colaboração com as referências bibliográficas para o desenvolvimento deste estudo.

Aos amigos que de algum modo apoiaram, dando incentivo e motivação.

RESUMO

SELLA, B. C. **Comparativo entre as Técnicas de Análise de Riscos APR e HAZOP.** Monografia (Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Departamento de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

O avanço da indústria de processos comumente vem associado a perigos e riscos operacionais que, quando não gerenciados, exercem impactos significativos ao meio ambiente, à segurança, à saúde e, não obstante, à imagem da empresa. Diante do exposto, torna-se necessário diminuir ou eliminar a ocorrência de possíveis eventos acidentais. O presente trabalho apresenta as análises de risco como uma forma de identificação desses possíveis cenários. O objetivo da pesquisa é o de apresentar e comparar as metodologias de HAZOP (*Hazard and Operability Studies*) e de Análise Preliminar de Riscos (APR) com o intuito de orientar quanto ao modo de aplicação e particularidades. Não objetiva induzir ao uso de uma ou outra técnica, mas sim demonstrar que são análises complementares. O trabalho descreve a aplicação das técnicas para um sistema de ajuste de ponto de orvalho. Através da análise dos resultados, pôde-se comprovar que as duas técnicas não são concorrentes e que, quando usadas em conjunto, reduzem, quando não esgotam, todas as possibilidades de incidentes que possam ser previamente identificados na indústria.

Palavras-chave: HAZOP, Análise Preliminar de Riscos, Análise de Riscos, Análise de Riscos Qualitativa.

ABSTRACT

SELLA, B. C. Comparative between the Risk Analysis Techniques PHA and HAZOP.
Monografia (Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) –
Departamento de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba,
2014.

The process industry advancement is commonly associated with hazards and operational risks, which have significant impacts to the environmental, safety, health and, notwithstanding, to the image of the company, in case of they are not managed. On the exposed, it becomes necessary to reduce or eliminate the occurrence of possible accidental events. The paper brings forward the risk analyzes as a manner to identifying these possible scenarios. The objective of the research is to present and compare the methodologies of HAZOP (Hazard and Operability Studies) and Preliminary Hazard Analysis (PHA) in order to guide about the mode of the application and its features. Not intended to induce the use of either technique, but rather show that they are complementary analyzes. The paper describes the application of these techniques for a dew point plant. Through the result analysis, it was proved that both techniques are not concurrent and whenever used together they reduce or even exhaust all incidents possibilities that could be previously identified in the industry.

Keywords: HAZOP, Preliminary Hazards Analysis, Risk Analysis, Qualitative Risk Analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Consequências adversas associadas com riscos de processo.....	17
Figura 2 - Sequência de etapas para o desenvolvimento da APR	18
Figura 3 - Modelo de Planilha da APR	22
Figura 4 - Sequência de Etapas para o Desenvolvimento do HAZOP	25
Figura 5 - Modelo de Planilha de HAZOP	28
Figura 6 - Fluxograma para o Sistema de Ajuste de Ponto de Orvalho	31
Figura 7 - Hidrato Coletado em um Recebedor em uma Instalação Marítima de Petróleo.....	33
Figura 8 - APR para o Sistema de Ajuste de Ponto de Orvalho	36
Figura 9 - HAZOP do Subsistema de Ajuste no Sistema de Ponto de Orvalho	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Categorias de Frequência	19
Quadro 2 - Categorias de Severidade das Consequências	20
Quadro 3 - Categorias de Risco	21
Quadro 4 - Matriz de Riscos	21
Quadro 5 - Lista de Desvios de Acordo com os Parâmetros de Processo	27
Quadro 6 - Análises versus Etapas de Projeto	44
Quadro 7 - Vantagens e Desvantagens das Análises de APR e HAZOP	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMFE: Análise de Modos de Falhas e Efeitos

APP: Análise Preliminar de Perigos

APR: Análise Preliminar de Riscos

CFD: Computational Fluid Dynamics (Fluidodinâmica Computacional)

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

EIA: Estudo de Impacto Ambiental

FISPQ: Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos

FMEA: Fail Mode & Effect Analysis

HAZOP: Hazard and Operability Studies (Estudo de Riscos e Operabilidade)

IBAMA: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

PFDs: Process Flow Diagrams (Fluxogramas de Processos)

PHA: Process Hazard Analysis

PRVs: Pressure Relief Valves (Válvulas de Alívio)

PSVs: Pressure Safety Valves (Válvulas de Segurança)

P&IDs: Piping and Instrument Diagrams (Fluxogramas de Linhas e Instrumentos)

RIMA: Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente

SDV: Shutdown Valve (Válvula de Fechamento Automático)

SMS: Saúde, Meio Ambiente e Segurança do Trabalho

What-if: E – se

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	12
1.1.1 Objetivos Gerais	12
1.1.2 Objetivos Específicos	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS (APR)	17
2.1.1 Objetivo da APR.....	18
2.1.2 Conceitos Fundamentais para o Desenvolvimento da APR	18
2.1.3 Metodologia para o Desenvolvimento da APR	22
2.1.3.1 Escopo da APR	23
2.1.3.2 Equipe da APR	23
2.1.3.3 Material para o Desenvolvimento da APR	24
2.2 HAZARD AND OPERABILITY STUDIES (HAZOP)	24
2.2.1 Objetivo do HAZOP	25
2.2.2 Conceitos Fundamentais para o Desenvolvimento do HAZOP	26
2.2.3 Metodologia para o Desenvolvimento do HAZOP	27
2.2.3.1 Escopo do HAZOP	28
2.2.3.2 Equipe do HAZOP.....	28
2.2.3.3 Material para o Desenvolvimento do HAZOP	29
3 METODOLOGIA	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1 EXECUÇÃO DA TÉCNICA DE APR	34
4.2 EXECUÇÃO DA TÉCNICA DE HAZOP	39
4.3 COMPARATIVO ENTRE AS TÉCNICAS	43
5 CONCLUSÕES	47

1 INTRODUÇÃO

Os processos industriais são conduzidos, em sua maioria, sob condições adversas de temperatura, pressão e vazão. Esses, por conseguinte, estão quase sempre associados a perigos e riscos operacionais que, quando não gerenciados, exercem impactos significativos ao meio ambiente, à segurança e à saúde. Aliado a isso, a rápida expansão da indústria de processo, devido principalmente à globalização do mundo moderno, levou a um aumento considerável das condições não seguras de operação, tornando-se imprescindível garantir a proteção das empresas frente à gravidade advinda de um acidente.

A premência em determinar quais destes riscos são inevitáveis e quais podem ser diminuídos em uma unidade de processo, além da avaliação das probabilidades e consequências desses eventos, leva a necessidade de metodologias que identifiquem e analisem as situações de risco na indústria.

Diante deste contexto, as análises de risco apresentam-se como uma alternativa para reduzir eventuais perigos nas unidades através de estudos críticos realizados durante reuniões com um grupo seletivo de engenheiros, operadores, técnicos, supervisores e demais membros conhecedores do processo e/ou com experiência em processos similares.

O presente estudo aborda dois métodos de análise de riscos: a Análise Preliminar de Riscos (APR) e o HAZOP (*Hazard and Operability Studies* – Estudo de Riscos e Operabilidade). A primeira caracteriza-se pela identificação de possíveis falhas nos sistemas, equipamentos e operações. Já a segunda, avalia os possíveis desvios de processo e problemas operacionais.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivos Gerais

Apresentar e comparar duas metodologias de análise de riscos, APR e HAZOP, a fim de demonstrar que as técnicas se complementam, mesmo sendo ambas análises de riscos qualitativas.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho incluem:

- Auxiliar na escolha da técnica apropriada a cada fase de projeto;
- Orientar quanto ao modo de aplicação e suas particularidades;
- Apresentar as vantagens e desvantagens de cada uma das técnicas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O aumento do acesso à tecnologia, atualmente disponível a todos os cidadãos, faz com que a produção de inovações seja acelerada. E uma das maiores beneficiadas com essas inovações é a indústria. Porém, nem sempre a indústria consegue gerenciar e analisar os riscos que acompanham esse processo acelerado de crescimento. Segundo Marshall (1987), esse desenvolvimento acelerado se acentuou principalmente a partir da II Guerra Mundial, com a automação e o aumento da complexidade dos processos industriais, impulsionados pela concorrência, em conjunto com a globalização da economia de escala, resultante das grandes plantas industriais.

De acordo com Brown (1998, p.1) “esses potenciais de risco aumentaram devido à natureza dos produtos químicos utilizados, bem como pela sofisticação dos processos operacionais empregados, como por exemplo: pressões e temperaturas elevadas”. Em meio a este contexto, é importante lembrar que mesmo durante a operação normal dessas plantas industriais, os perigos estão sempre presentes. Entretanto, durante a operação normal, os mesmos estão sob controle, não oferecendo riscos aos operadores. Logo, para que um incidente ocorra e uma situação de risco seja estabelecida, é necessário que um evento inicial aconteça, como o vazamento de gás em um flange ou em uma válvula.

Se for estabelecida uma ordem de consequências, primeiramente esses eventos ocasionam desvios nas variáveis de processo, como o aumento ou diminuição da pressão, da temperatura, da vazão, entre outros. E em um segundo momento, o incidente pode ocasionar danos operacionais, ambientais e até mesmo estruturais, como a perda da unidade e de vidas humanas (AIChE, 2008).

Diversos fatores podem colaborar para que esses incidentes sejam evitados, como o estudo e o conhecimento sobre plantas que operam com processos e equipamentos similares, a regulamentação de leis e normativas que regem cada setor, além da revisão das estratégias adotadas e do gerenciamento de segurança de processos utilizado. Deve-se estudar e analisar o controle do processo através de uma revisão da documentação técnica. Devem ser revisados: fluxogramas de processos, também conhecidos como *PFDs (Process Flow Diagrams)*, fluxogramas de linhas e instrumentos, também conhecidos como *P&IDs (Piping and Instrument Diagrams)*, alarmes de controle e de segurança e o seu respectivo gerenciamento durante a operação. Quando alguma falha no controle do processo for encontrada, deve-se recorrer às salvaguardas que são recursos utilizados no processo com o

intuito de proteger o sistema e/ou equipamento. As salvaguardas podem ser válvulas de alívio, também conhecidas como *PRVs (Pressure Relief Valves)* ou *PSVs (Pressure Safety Valves)*, *shutdowns* automáticos e/ou alarmes de segurança. (AIChE, 2008).

Para o caso de falhas em ambos, tanto no controle de processos, quanto nas salvaguardas, medidas mitigadoras devem ser consideradas, como: contenções físicas (para o caso de vazamento de líquidos), utilização de planificação de emergência da planta e, se necessário, até mesmo a utilização de planificação de emergência da comunidade. (JACKSON, N.B, 2011).

A aplicação das análises de segurança em fases iniciais do projeto visa à identificação e avaliação de potenciais riscos e consequentes medidas preventivas. Na maioria das cidades europeias, essas análises são elementos necessários para a aprovação oficial para construção pelas autoridades nacionais. (GRAF e TRAUB, 1999).

Já no Brasil, a implantação desses estudos aconteceu por meio de órgãos do meio ambiente e não por órgãos de Trabalho. De acordo com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, o IBAMA (2002) desde a publicação da Resolução CONAMA nº 001/86, que instituiu a necessidade de realização do EIA (Estudo de Impacto Ambiental) e do respectivo RIMA (Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente) para o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, “o Estudo de Análise de Riscos passou a ser incorporado para determinados tipos de empreendimentos, de forma que, além dos aspectos relacionados com a poluição, também a prevenção de acidentes operacionais fosse contemplada no processo de licenciamento”.

É neste contexto que as análises de risco são de extrema importância, pois durante a sua execução são previstos os riscos associados ao sistema em estudo, o que faz com que possíveis perigos sejam mitigados, custos reduzidos e incidentes prevenidos. Jorgensen et al. (2010) afirma que os estudos constituem uma metodologia sistemática para a identificação, avaliação e mitigação de potenciais riscos de processos que podem causar perdas humanas, ambientais e econômicas.

Ainda, de acordo com De Cicco e Fantazzini (2003), a “identificação de riscos é, indubitavelmente, a mais importante das responsabilidades do gerente de riscos. É o processo através do qual, contínua e sistematicamente, são identificadas perdas potenciais (a pessoas, à propriedade e por responsabilidade da empresa), ou seja, situações de risco de acidentes que podem afetar a organização”.

Segundo Farber (1992), esses estudos permitem abranger todas as possíveis causas de acidentes com danos à propriedade, ao ambiente, financeiros e ao trabalhador. Desta forma, as

análises são realizadas com o intuito de determinar quais medidas serão tomadas a fim de adequar a empresa aos itens pertinentes, oferecendo subsídios para a tomada de decisão sobre as ações e os riscos que devem ser eliminados, tratados, tolerados ou transferidos.

Neste sentido, podemos dividir as análises em dois grupos: Análises de Riscos Qualitativas e Análises de Riscos Quantitativas.

“O processo de análise quantitativa de risco tem como objetivo analisar numericamente a probabilidade de cada risco e de sua respectiva consequência nos objetivos do projeto, assim como a extensão do risco geral do projeto” (CIn/UFPE). O sucesso da análise é determinado pela precisão dos valores numéricos atribuídos para as consequências e probabilidades.

Por outro lado, as análises qualitativas levam em consideração o impacto de cada risco identificado e a sua probabilidade de ocorrência. Avaliações de tempo, custo e ações corretivas podem influenciar na criticidade do risco e a “tendência nos resultados quando a análise qualitativa for repetida pode indicar a necessidade de mais ou menos ação da gerência de risco” (CIn/UFPE).

São geralmente utilizadas para uma triagem inicial com o objetivo de identificar os pontos que demandam uma análise mais detalhada, ou quando apenas a análise qualitativa é suficiente para a tomada de decisão; ou ainda quando houver carência de dados numéricos para a realização de uma análise quantitativa (AS/NZS, 2004).

Conforme explicado por Sotille (2013, p.1), a análise qualitativa

“prioriza riscos de acordo com seu efeito potencial nos objetivos de projeto. É uma análise de certo modo subjetiva dos riscos para:

- Determinar que eventos de risco terão resposta;
- Determinar a probabilidade e o impacto de todos os riscos identificados;
- Determinar que riscos serão quantificados ao invés de se ir diretamente ao planejamento de resposta;
- Documentar riscos não críticos ou não prioritários;
- Determinar a classificação geral de riscos do projeto”.

Farber (1992) recomenda primeiramente o desenvolvimento de uma análise qualitativa, pois além de possuírem uma execução simples, não necessitam, em sua maioria, da utilização de recursos adicionais como softwares e cálculos matemáticos.

Ainda, de acordo com Brown (1998), “as mais importantes técnicas de identificação de perigos são as seguintes: Análise Preliminar de Perigos (APP), “What-if” (e - se), HAZOP e FMEA (“Fail Mode & Effect Analysis”) ou, em português AMFE (Análise de Modos de Falhas e Efeitos)”. Devido ao seu caráter bem estruturado e sistemático, essas técnicas são

capazes de atuar com eficácia na detecção de potenciais riscos de processos, como os apresentados na Figura 1 - Consequências adversas associadas com riscos de processo.

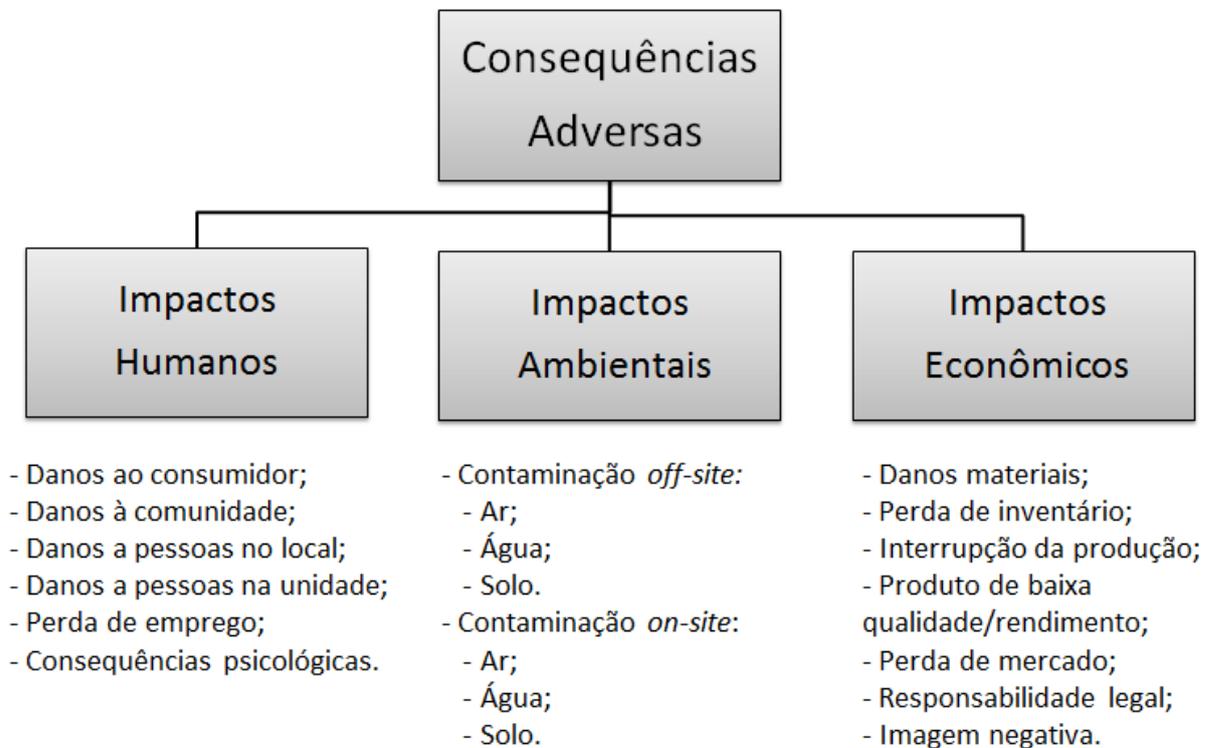


Figura 1 - Consequências adversas associadas com riscos de processo

Fonte: Adaptado de AICHe, 2008

O presente trabalho tem como foco o estudo detalhado de duas análises de riscos qualitativas: a APR, também conhecida como PHA (Process Hazard Analysis) e o HAZOP sempre referenciado em inglês.

2.1 ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS (APR)

De acordo com De Cicco e Fantazzini (2003), a APR surgiu na área militar, onde a análise foi requerida como uma revisão a ser feita nos novos sistemas de mísseis projetados para uso de combustíveis líquidos. A análise foi desenvolvida com o objetivo de evitar o uso desnecessário de materiais, projetos e procedimentos de alto risco, ou, caso fosse inevitável, para assegurar que medidas preventivas fossem incorporadas.

Trata-se de uma análise onde se identificam eventos indesejáveis, suas causas, consequências, modos de detecção e salvaguardas. A análise é centrada na identificação dos riscos existentes para as pessoas, o meio ambiente, o patrimônio, a continuidade operacional e

a imagem da empresa. Para isso são consideradas possíveis falhas de sistemas, equipamentos, operações e seus respectivos impactos. Segundo Loewe e Kariuki (2007), uma análise abrangente da APR deveria ser capaz de eliminar ou controlar os riscos de processo durante toda a vida útil da planta.

Ainda, de acordo com Souza (1995), a APR geralmente é a primeira técnica aplicada durante a análise de riscos de projetos em fase de concepção, principalmente nos projetos de inovação tecnológica, pois não possuem maiores informações sobre os seus riscos. A Figura 2 - Sequência de etapas para o desenvolvimento da APR apresenta os principais passos a serem seguidos durante o desenvolvimento da análise.



Figura 2 - Sequência de etapas para o desenvolvimento da APR

Fonte: O autor, 2014

2.1.1 Objetivo da APR

Trata-se de uma técnica estruturada para identificar os riscos associados à ocorrência de eventos indesejáveis (ELETRONUCLEAR, 2014). Visa à redução dos riscos e dos gastos expressivos além do planejado.

2.1.2 Conceitos Fundamentais para o Desenvolvimento da APR

Para a compreensão e desenvolvimento da técnica de APR, alguns conceitos são fundamentais. São eles:

- Perigo: uma ou mais condições, físicas ou químicas, com potencial para causar danos às pessoas, à propriedade, ao meio ambiente ou à combinação desses (CETESB, 2003). Inclusive, vale ressaltar que a APR também leva o nome de APP (Análise Preliminar de Perigos), por causa desta condição.
- Causas: eventos simples ou combinados, que levam à ocorrência dos perigos previamente identificados. De acordo com a Eletronuclear (2014) as causas podem envolver tanto as falhas intrínsecas de equipamentos, como vazamentos, rupturas e falhas de instrumentação, quanto a erros humanos de operação e manutenção.
- Efeitos/ Impactos: severidade das consequências provocadas por um determinado perigo (AIChE, 2008).
- Modos de detecção: maneira através da qual se pode identificar a ocorrência de um determinado evento acidental. Segundo a Eletronuclear (2014) “a detecção da ocorrência do perigo tanto pode ser realizada através de instrumentação (alarmes de pressão, de temperatura, etc), como através de percepção humana (visual, odor, etc)”.
- Frequência: “fornecem uma indicação qualitativa da frequência esperada de ocorrência para cada um dos cenários identificados” (ELETRONUCLEAR, 2014). As categorias de frequência utilizadas neste trabalho seguem as diretrizes internas da empresa onde os estudos foram analisados e encontram-se apresentadas no Quadro 1 - Categorias de Frequência.

Frequência por Ano	Extremamente Remota (A)	Remota (B)	Possível (C)	Provável (D)	Frequente (E)
Característica	Conceitualmente possível, mas sem referências na indústria.	Não esperado ocorrer, apesar de haver referências em instalações similares na indústria.	Possível de ocorrer uma vez durante a vida útil de um conjunto de unidades similares.	Possível de ocorrer uma vez durante a vida útil da instalação.	Possível de ocorrer muitas vezes durante a vida útil da instalação.

Quadro 1 - Categorias de Frequência

Fonte: O autor (adaptado das diretrizes internas da empresa de estudo), 2014

- Salvaguardas: dispositivos, sistemas ou ações capazes de interromper a cadeia de eventos que podem ocorrer a partir de um evento iniciador (AIChE, 2008).

Diminuem a probabilidade de ocorrência do cenário indesejável ou da severidade das suas consequências.

- Severidade: indicação do nível de gravidade das consequências, ou seja, “fornecem uma indicação qualitativa do grau de severidade das consequências de cada um dos cenários identificados” (ELETRONUCLEAR, 2014). As categorias de severidade utilizadas neste trabalho também seguem as diretrizes internas da empresa onde os estudos foram analisados e encontram-se apresentadas no Quadro 2 - Categorias de Severidade das Consequências.

Categorias	Descrição	
Catastrófica V	Múltiplas fatalidades intramuros ou fatalidade extramuros; Danos catastróficos com possibilidade de perda da instalação industrial; Danos severos em áreas sensíveis ou se estendendo para outros locais.	Impacto Internacional
Crítica IV	Até 3 fatalidades intramuros ou lesões severas extramuros; Danos severos aos sistemas (reparação lenta); Danos severos com efeito localizado.	Impacto Internacional
Média III	Lesões severas intramuros ou lesões leves extramuros; Danos significantes aos sistemas; Danos moderados.	Impacto Regional
Marginal II	Lesões leves; Danos leves a sistemas / equipamentos; Danos leves.	Impacto Local
Desprezível I	Sem lesões ou primeiros socorros; Danos leves a equipamentos sem comprometimento da continuidade operacional; Danos insignificantes.	Impacto Insignificante

Quadro 2 - Categorias de Severidade das Consequências

Fonte: O autor (adaptado das diretrizes internas da empresa de estudo), 2014

- Risco: de acordo com Brown (1998) o risco é função da probabilidade de ocorrência de um evento indesejado e dos seus respectivos danos. Logo, é obtido através da combinação das categorias de frequência e de severidade e indica a necessidade ou não de medidas ou controles adicionais. As categorias de risco utilizadas neste trabalho, assim como as categorias de frequência e severidade, seguem as diretrizes internas da empresa onde os estudos foram analisados e encontram-se apresentadas no Quadro 3 - Categorias de Risco.

Categorias de Risco	Descrição do nível de controle necessário
Tolerável (T)	Sem necessidade de medidas adicionais. A monitoração é necessária para assegurar que os controles sejam mantidos.
Moderado (M)	Controles adicionais devem ser avaliados com o objetivo de reduzir riscos. Aqueles considerados praticáveis devem ser implementados.
Não Tolerável (NT)	Controles insuficientes. Métodos alternativos devem ser considerados a fim de reduzir a probabilidade de ocorrência ou a severidade das consequências, de forma a trazer os riscos para regiões de menor magnitude.

Quadro 3 - Categorias de Risco

Fonte: O autor (adaptado das diretrizes internas da empresa de estudo), 2014

- Cenário Acidental (C.A): um evento ou uma sequência de eventos não planejados que resulta em perdas e nos seus respectivos impactos, incluindo o sucesso ou o fracasso das salvaguardas existentes (AIChe, 2008). Neste trabalho, o cenário acidental possui um identificador individual numerado em sequência.

A correlação entre todos os conceitos supracitados é apresentada no

Quadro 4

- Matriz de Riscos.

Categorias de Severidade das Consequências	Frequência por ano				
	A Extremamente Remota	B Remota	C Possível	D Provável	E Frequente
Catastrófica V	M	M	NT	NT	NT
Crítica V	T	M	M	NT	NT
Média III	T	T	M	M	NT
Marginal II	T	T	T	M	M
Desprezível I	T	T	T	T	M

Quadro 4 - Matriz de Riscos

Fonte: O autor (adaptado das diretrizes internas da empresa de estudo), 2014

2.1.3 Metodologia para o Desenvolvimento da APR

Durante o estudo da APR é realizada uma avaliação qualitativa da frequência de ocorrência de alguns eventos, da severidade das suas consequências e do risco associado. “À medida que cada perigo é identificado, as causas em potencial, os efeitos e a gravidade dos acidentes, bem como as possíveis medidas corretivas e/ou preventivas, são também descritas” (AMORIM, 2010). Ao final da análise, uma lista de recomendações é obtida com o objetivo de aumentar a segurança do sistema e diminuir a probabilidade de ocorrência de eventos indesejáveis e de suas respectivas consequências.

De acordo com Loewe e Kariuki (2007), uma análise de APR deve compreender as seguintes etapas:

- (i) Identificação dos riscos em potencial;
- (ii) Avaliação dos controles aplicáveis aos eventuais riscos de processos (incluindo a avaliação de erros humanos);
- (iii) Identificação das possíveis consequências devido a falhas no controle.

A fim de simplificar a realização do estudo, a unidade em análise é, normalmente, dividida em sistemas a partir do estudo dos PFDs. A realização da análise propriamente dita é feita através do preenchimento de uma planilha para cada sistema da instalação, conforme apresentado na Figura 3 - Modelo de Planilha da APR.

Sistema:				Referência:								Data:		
Perigo	Causa	Detecção (D) / Salvaguarda (S)	Possíveis Efeitos	Frequência	Pessoal		Instalação		Meio Ambiente		Imagem Externa		Recomendações e Observações	C.A.
					Severidade	Risco	Severidade	Risco	Severidade	Risco	Severidade	Risco		

Figura 3 - Modelo de Planilha da APR

Fonte: O autor (adaptado das diretrizes internas da empresa de estudo), 2014

2.1.3.1 Escopo da APR

A APR deve analisar todos os possíveis eventos perigosos da unidade incluindo tanto as falhas intrínsecas de equipamentos, instrumentos e materiais, quanto os erros humanos (CETESB, 2003). De acordo com Amorim (2010), faz parte do desenvolvimento da APR a análise dos seguintes elementos:

- Equipamentos perigosos: sistemas de alta pressão e de armazenamento de energia;
- Materiais perigosos: materiais combustíveis, substâncias químicas altamente reativas e substâncias tóxicas;
- Fatores externos: vibração, temperaturas extremas, descargas eletrostáticas e umidade;
- Procedimentos: procedimentos de operação, teste, manutenção e parada, comissionamento e emergência;
- *Layout* da instalação: disposição dos equipamentos de controle e dos equipamentos de proteção contra acidentes;
- Elementos de apoio à instalação: armazenamento, equipamentos de teste, treinamento e utilidades;
- Equipamentos/Sistemas de segurança: sistemas de atenuação e redundância, extintores de incêndio e equipamentos de proteção pessoal;
- Erros humanos: erros operacionais ou de manutenção.

Além dos elementos citados acima, devido à região de operação da planta em estudo, é possível considerar eventos, como: terremotos, maremotos, inundações, queda de aviões, de balões e até mesmo sabotagens.

2.1.3.2 Equipe da APR

A participação de uma equipe multidisciplinar, incluindo operadores, engenheiros de projeto, profissionais de SMS (Saúde, Meio Ambiente e Segurança do Trabalho), entre outros, todos com conhecimento técnico e experiência nos sistemas analisados, é indispensável para alcançar êxito no resultado da análise. De acordo com Aguiar (2011) os seguintes membros são necessários para o desenvolvimento da técnica:

- Líder: pessoa com domínio da técnica e responsável por guiar o estudo, podendo ser pessoal próprio ou terceirizado.

- Coordenador: pessoa responsável pelo evento. Normalmente uma pessoa da disciplina de SMS da empresa.
- Especialistas: engenheiros das disciplinas de processo, automação, instrumentação, segurança e elétrica, além de projetistas, técnicos e operadores. Podendo ser pessoas que possuam informações importantes sobre a unidade em estudo e/ou que possuam experiência em unidades similares.
- Relator ou Secretário: responsável pelo preenchimento da planilha da APR durante as reuniões.

2.1.3.3 Material para o Desenvolvimento da APR

De acordo com Esteves (2014), o levantamento prévio de alguns dados é imprescindível para enriquecer o estudo, tais como: informações sobre a região (dados meteorológicos e demográficos), sobre as instalações (premissas de projeto, especificações técnicas, *layout*, manual de operação) e a FISPQ (Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos) das substâncias analisadas.

É importante ressaltar que como a APR destina-se especificamente à identificação antecipada dos riscos, os dados sobre a planta poderão ser escassos (AMORIM, 2010) e a experiência da equipe será fundamental para o sucesso desta etapa.

2.2 HAZARD AND OPERABILITY STUDIES (HAZOP)

A técnica de HAZOP foi utilizada pela primeira vez na década de 60 pela indústria britânica *Imperial Chemical Industries, Ltd.* (ICI). A empresa buscava desenvolver um método para analisar perigos no processo a partir das condições básicas de operação, efetuando modificações nos parâmetros e observando as consequências dessas mudanças (NOLAN, 1994).

A diferença principal entre o HAZOP e as análises críticas usuais foi apresentada por Kletz (1997) com o seguinte exemplo (retirado de um relatório de 1964): suponha que uma simples palavra na descrição do processo seja “agitação” e que esta se ligue a palavra-guia “não”, por exemplo: “sem agitação”. Em uma simples análise crítica sobre o processo a análise seria sobre a necessidade de agitar o processo, além de vantagens e desvantagens em não obter agitação no sistema. Em um estudo de HAZOP, por outro lado, o grupo levantaria

as prováveis causas responsáveis por este evento (por exemplo: motor desligado, motor queimado, impelidores queimados, entre outros) e quais as consequências deste evento para as pessoas, a planta ou a produção (por exemplo: intenso aquecimento local, perda de produção, risco de explosão, entre outros).

A característica essencial da abordagem do estudo de HAZOP, então, é rever todos os desenhos e /ou procedimentos de processo em uma série de reuniões, durante as quais uma equipe multidisciplinar utiliza um protocolo definido para avaliar metodicamente o significado dos desvios da intenção de projeto (McKAY et al., 2011).

Seu sucesso é devido à metodologia seguir todos os fluxogramas de processo (PFDs) e todos os fluxogramas de linhas e instrumentos (P&IDs), separando o projeto em seções gerenciáveis com limites definidos chamados de nós, de forma a assegurar a análise de todos os equipamentos da unidade (DUNJÓ et al., 2010).

A Figura 4 - Sequência de Etapas para o Desenvolvimento do HAZOP ilustra os principais passos para o preenchimento da planilha durante o estudo.



Figura 4 - Sequência de Etapas para o Desenvolvimento do HAZOP

Fonte: O autor, 2014

2.2.1 Objetivo do HAZOP

O estudo tem o objetivo de identificar, através de uma revisão sistemática, se os desvios em relação aos objetivos de operação e de projeto podem ocasionar consequências indesejadas (AIChE, 2008). Ainda, segundo Kotek e Tabas (2012) o objetivo do método é identificar os perigos e, com as medidas propostas, minimizar ou eliminar completamente as potenciais fontes de risco.

2.2.2 Conceitos Fundamentais para o Desenvolvimento do HAZOP

Da mesma forma que na APR, para a compreensão e desenvolvimento da técnica de HAZOP, existem alguns conceitos fundamentais que devem ser detalhados. São eles:

- Nós de estudo: pontos/seções do processo/equipamento definidos nos P&IDs (AIChE, 2008). De uma maneira geral, são subdivisões dos fluxogramas, com o intuito de estudar todos os instrumentos e equipamentos do diagrama. Por exemplo: da válvula de retenção à montante (entrada) do vaso de pressão até a válvula de bloqueio à jusante (saída). Fluidos diferentes normalmente são analisados em nós diferentes.
- Palavras-guia: palavras utilizadas para qualificar ou quantificar os desvios da intenção de operação e para estimular o *brainstorming* entre os participantes (AIChE, 2008). São associadas aos parâmetros de processo (vazão, temperatura, pressão) e, as usualmente utilizadas, são: não, nenhum, mais, menos, também, entre outras.
- Desvios: afastamentos das intenções de operação que são descobertas a partir da aplicação sistemática de palavras-guia a parâmetros de processo (AIChE, 2008).
- Causas: razões pelas quais podem ocorrer os desvios (AIChE, 2008). Por exemplo: falhas na instrumentação ou nos equipamentos, erros humanos, imprevistos do processo, ações externas.
- Consequências: resultados decorrentes de um desvio (AIChE, 2008).
- Recomendações / Observações: sugestões para mudanças de projeto, mudanças de procedimentos ou comentários sobre o processo (AIChE, 2008).
- Parâmetros de processo: variáveis físicas ou químicas associadas ao processo (AIChE, 2008). Alguns exemplos da associação dos desvios com as palavras-guia e os parâmetros de processos estão apresentados no Quadro 5 - Lista de Desvios de Acordo com os Parâmetros de Processo.

Parâmetro	Palavra-Guia	Desvios
Fluxo	Nenhum	Nenhum fluxo
	Menos	Menos fluxo
	Mais	Mais fluxo
	Também	Contaminação
	Reverso	Fluxo reverso
Pressão	Menos	Pressão baixa
	Mais	Pressão alta
Temperatura	Menos	Temperatura baixa
	Mais	Temperatura alta
Nível	Menos	Nível baixo
	Mais	Nível alto

Quadro 5 - Lista de Desvios de Acordo com os Parâmetros de Processo

Fonte: O autor (adaptado das diretrizes internas da empresa de estudo), 2014

2.2.3 Metodologia para o Desenvolvimento do HAZOP

A execução do método consiste em utilizar palavras-guia combinadas a parâmetros de processos com o intuito de encontrar possíveis desvios das intenções de projeto ou de operabilidade (DUNJÓ et al., 2010).

A análise requer a divisão da planta em pontos de estudo (nós) entre os quais existem componentes como bombas, vasos e trocadores de calor, entre outros (CETESB, 2003).

Após determinar os desvios, o grupo analisa as suas possíveis causas e consequências. Para cada par de “causa-consequência”, devem ser identificadas as salvaguardas existentes e, caso essas sejam insuficientes para garantir a segurança do sistema, demais recomendações devem ser feitas (DUNJÓ et al., 2010). A participação de representantes de todas as equipes envolvidas no projeto e/ou operação da instalação é imprescindível para que a planilha, apresentada na Figura 5 - Modelo de Planilha de HAZOP contenha todas as informações necessárias.

Subsistema:		Documento:	XXX	Data:	
NÓ:					
<i>Desvios</i>	<i>Causas</i>	<i>Consequências</i>	<i>Deteção (D) / Salvaguardas (S)</i>	<i>Recomendações / Observações</i>	<i>Cenários</i>

Figura 5 - Modelo de Planilha de HAZOP

Fonte: O autor (adaptado das diretrizes internas da empresa de estudo), 2014

Aconselha-se realizar reuniões com no máximo 3 (três) horas de duração e com frequência de duração de 2 (duas) a 3 (três) vezes por semana. Para cada grande equipamento da unidade, pode-se estimar 3 (três) horas para as discussões (AGUIAR, 2011). Essas medidas visam melhorar a qualidade das discussões e manter o foco da equipe.

2.2.3.1 Escopo do HAZOP

Os resultados encontrados pela equipe do HAZOP incluem a identificação de perigos e problemas operacionais; a recomendação de mudanças no projeto e nos procedimentos, além de recomendações para a realização de estudos em áreas onde nenhuma conclusão foi possível devido à falta de informação (AIChe, 2008).

Segundo Amorim (2010), durante uma análise de HAZOP todas as linhas de serviço devem ser analisadas, incluindo as linhas de vapor, água, ar comprimido, nitrogênio e a linhas de drenagem. Caso existam ramificações ou derivações dessas linhas, é importante incluí-las na análise.

2.2.3.2 Equipe do HAZOP

Para que o estudo obtenha o sucesso esperado, a equipe deve contar com os mesmos elementos da APR, já mencionados no item 2.1.3.2: líder, relator ou secretário, coordenador e especialistas. Além disso, a equipe multidisciplinar a realizar a análise deve ser formada por membros que tenham experiência e conhecimento para responder a maioria das questões levantadas sobre a unidade. Os membros devem ser selecionados cuidadosamente e deve ser

dada autonomia para que possam fazer qualquer recomendação de mudança necessária ao projeto (DUNJÓ et al., 2010).

2.2.3.3 Material para o Desenvolvimento do HAZOP

Os dados necessários ao desenvolvimento do estudo são: PFDs, P&IDs, *layouts*, folha de dados de equipamentos, memoriais descritivos e diagramas de intertravamento (AMORIM, 2010). Esses dados devem ser previamente analisados com o objetivo de identificar sua relevância para o estudo e a consistência das informações.

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do presente trabalho, após o levantamento bibliográfico, foram realizadas as duas análises qualitativas em foco neste estudo: a APR e o HAZOP e, por conseguinte, foi desenvolvida a análise dos resultados, bem como uma comparação entre as técnicas e a elaboração das considerações finais sobre o tema.

A participação nas análises foi efetiva e através da equipe de projetos, como membro integrante da disciplina de segurança de processos e como coordenadora dos estudos o que ajudou a enriquecer o trabalho aqui exposto. Desta forma as atividades desempenhadas foram de convocação e seleção da equipe integrante para a realização das reuniões, levantamento e análise prévia da documentação, interface e análise dos relatórios emitidos pela empresa contratada para realizar as análises, além de *follow up* com as disciplinas responsáveis por implementar as recomendações.

Os estudos de HAZOP e APR foram desenvolvidos no ambiente interno de uma empresa multinacional de energia e o sistema estudado para ambas as análises de risco, foi o sistema de ajuste de ponto de orvalho do gás natural.

O ponto de orvalho é a temperatura na qual ocorre condensação do vapor de água existente no ar, ou seja, representa a temperatura mínima que a mistura pode sofrer de resfriamento sem haver a precipitação (condensação) da umidade. Desta forma, o controle do ponto de orvalho evita a formação de condensado líquido na tubulação de gás o que poderia resultar em graves problemas de segurança no seu transporte, como queda de pressão no gasoduto e maior consumo de energia dos compressores, entre outros. A Figura 6 - Fluxograma para o Sistema de Ajuste de Ponto de Orvalho apresenta os principais equipamentos e instrumentos deste sistema.

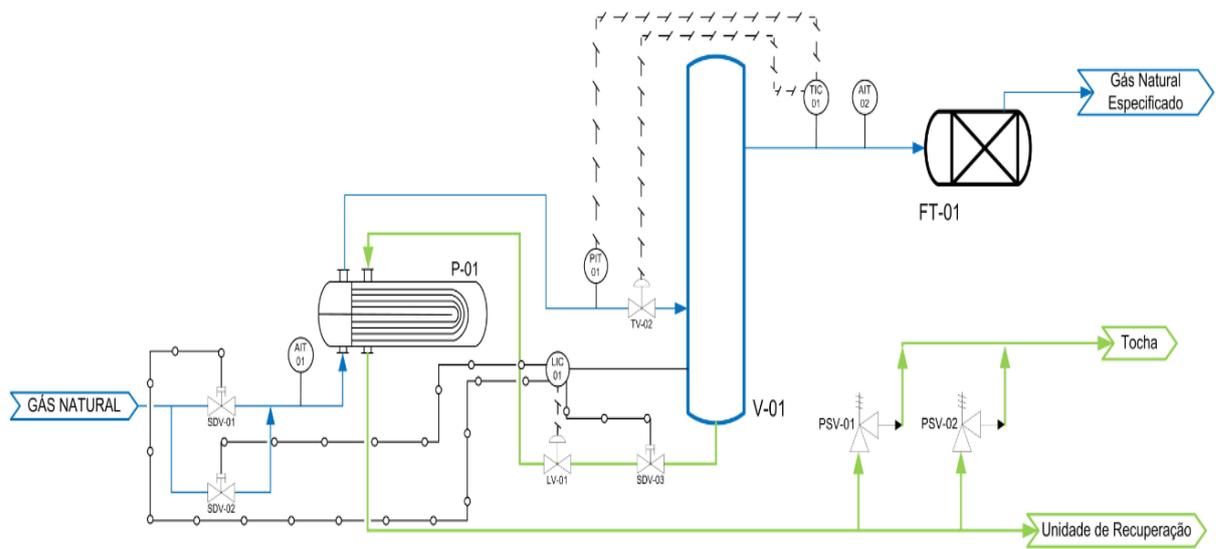


Figura 6 - Fluxograma para o Sistema de Ajuste de Ponto de Orvalho

Fonte: O autor, 2014

Conforme apresentado na Figura 6 - Fluxograma para o Sistema de Ajuste de Ponto de Orvalho, a corrente de gás que chega ao sistema de ajuste é analisada pelo cromatógrafo (AIT-01), onde seus componentes são identificados e registrados. Após esta análise, o gás segue para o permutador P-01, onde troca calor natural com a corrente de condensado que sai do vaso V-01. A redução da temperatura auxilia na separação do condensado de sua corrente.

Já dentro do V-01, o gás tem sua temperatura reduzida ainda mais e passa pelo *demister* que é o equipamento que promove o aumento de tamanho das gotículas, as quais caem no fundo do vaso e são direcionadas para o P-01. Após sair do vaso o gás natural ainda passa pelo filtro FT-01 o qual retém as partículas sólidas ainda presentes no gás.

O condensado que passou pelo P-01 segue para a unidade de recuperação, onde será tratado e enviado novamente para o processo.

Logo, o processo de ajuste do ponto de orvalho consiste no esfriamento do gás através da refrigeração mecânica para eliminar os componentes mais pesados, já que estes podem condensar durante o transporte. O refrigerante esfria o gás através de um ciclo de esfriamento, fazendo com que suas frações mais pesadas se condensem e possam ser removidas da corrente por meio da gravidade em um separador frio.

No texto a seguir é apresentada uma breve descrição dos instrumentos e equipamentos da Figura 6 - Fluxograma para o Sistema de Ajuste de Ponto de Orvalho:

- AIT-01 e AIT-02: analisador (cromatógrafo) com indicação local (campo) e transmissão dos resultados para um sistema que fará o armazenamento e controle dos dados;
- P-01: permutador de calor do tipo casco e tubo sendo que o condensado passa pelo casco e o gás passa pelo tubo;
- PIT-01: medidor de pressão com indicação local e transmissão dos resultados para um sistema que fará o armazenamento e controle dos dados;
- TV-02: válvula de controle que possui abertura e fechamento realizados a partir do sinal enviado pelo medidor de temperatura de saída do gás natural do vaso V-01;
- V-01: vaso de pressão utilizado para separação do condensado do gás natural recebido na unidade. A separação é realizada pela redução da temperatura e também pelo *demister* (equipamento interno formado por um conjunto de telas por onde a corrente de gás será obrigada a passar fazendo com que as gotículas se choquem contra a malha e aumentem de tamanho, caindo por gravidade);
- TIC-01: medidor e controlador de temperatura. Realiza cálculos específicos com os valores obtidos e envia sinal para a abertura e fechamento da TV-02, liberando ou restringindo a passagem de gás. Para realizar esses cálculos o controlador utiliza os sinais enviados pelo medidor de pressão;
- FT-01: filtro coalescedor instalado para complementar o V-01 na redução do condensado presente no gás, ajustando assim seu ponto de orvalho;
- LV-01: válvula de controle que possui abertura e fechamento realizados a partir do sinal enviado pelo medidor de nível de condensado no vaso V-01;
- LIC-01: medidor e controlador de nível de condensado no vaso V-01. Realiza cálculos específicos com os valores obtidos e envia sinal para a abertura e fechamento da LV-01;
- SDV-01, SDV-02 e SDV-03: são válvulas de bloqueio total, utilizadas em situações de risco para parar imediatamente a passagem de gás pela linha;
- PSV-01 e PSV-02: válvulas de segurança que abrem quando a pressão calibrada nas mesmas é atingida. Também podem ser chamadas de válvulas de alívio, pois despressurizam o equipamento ou linha onde estão instaladas;
- Tocha: sistema de queima de hidrocarbonetos.

A análise deste sistema apresenta-se bastante importante, também, pois conforme citado por Oliveira (2008) e apresentado na Figura 7 - Hidrato Coletado em um Recebedor em

uma Instalação Marítima de Petróleo, a combinação física entre moléculas de água e moléculas de hidrocarbonetos presentes no gás natural pode causar a formação de hidratos de gás, os quais são apontados como os principais causadores da interrupção da produção e do transporte devido a entupimento de dutos e conexões.



Figura 7 - Hidrato Coletado em um Recebedor em uma Instalação Marítima de Petróleo

Fonte: Vaz, Maia e Santos, 2008.

Ainda, conforme Vaz, Maia e Santos (2008), as unidades de acerto de ponto de orvalho, também conhecidas como *dew point plant*, “têm como objetivo principal apenas especificar o gás processado, sem grandes compromissos com a especificação do líquido gerado ou com a maximização dessa fração líquida”.

As planilhas preenchidas durante os estudos, acompanhadas da respectiva explicação, serão apresentadas no item 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES, uma vez que o preenchimento da tabela por si só, já representa os resultados obtidos durante as análises. Após esta abordagem também será apresentada uma comparação entre as técnicas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ambas as técnicas foram conduzidas através do estudo, questionamento, levantamento e análise crítica do grupo, de forma que se obtivesse o controle das circunstâncias. As duas análises foram desenvolvidas com base em tabelas, conceitos e diretrizes internas da empresa na qual os estudos foram desenvolvidos, assim como as categorias de frequência, severidade e a matriz utilizada para classificação dos riscos. Todas essas tabelas foram apresentadas no item 2.1.2 Conceitos Fundamentais para o Desenvolvimento da APR e 2.2.2 Conceitos Fundamentais para o Desenvolvimento do HAZOP.

4.1 EXECUÇÃO DA TÉCNICA DE APR

A análise de APR foi desenvolvida durante uma manhã, sendo que 4 (quatro) horas foram disponibilizadas para as discussões e preenchimento da tabela, acrescidas de 20 (vinte) minutos iniciais disponibilizados para a explicação da técnica, uma vez que nem todos os membros tinham conhecimento da metodologia, e 10 (dez) minutos para apresentação e integração entre os participantes. A equipe era composta pelos seguintes integrantes:

- Líder: pessoa externa contratada com experiência de 5 (cinco) anos na área de análise de riscos e responsável por explicar e aplicar a metodologia de análise;

- Secretário ou Relator: pessoa externa contratada responsável por registrar as discussões na planilha;

- Coordenador das análises: engenheiro interno da disciplina de segurança de processos com 3 (três) anos de experiência em projetos similares e responsável por selecionar e convocar a equipe participante, organizar e analisar previamente os documentos técnicos, além de diligenciar as possíveis recomendações oriundas do estudo;

- Engenheiro de segurança de processos: engenheiro interno da disciplina de segurança de processos com 3 (três) anos de experiência em projetos similares e responsável por responder questões referentes aos sistemas de segurança da planta, como sistema de combate a incêndio e acionamento das válvulas de segurança. Respondendo apenas pela parte de projeto de engenharia;

- Engenheiro de Processos Pleno: engenheiro interno com 5 (cinco) anos de experiência na execução de projetos similares, responsável pelo desenvolvimento do projeto e pela explicação do processo e das suas condições de operação, em linhas gerais, para os participantes antes do início da análise;

- Engenheiro de Instrumentação Pleno: engenheiro interno com mais de 10 (dez) anos de experiência em projetos e plantas similares. Responsável pelo detalhamento dos instrumentos da unidade;

- Engenheiro Mecânico: engenheiro interno com 6 (seis) anos de experiência em projetos similares e responsável por sanar dúvidas referentes aos equipamentos da instalação. Sua participação era solicitada nos momentos de dúvida;

- Engenheiro de Segurança do Trabalho: engenheiro interno com mais de 7 anos de experiência na operação de plantas similares. Responsável por explicar sobre a operação e os procedimentos de segurança na área. Sua participação era solicitada em momentos de dúvida;

- Técnico de Operações: técnico interno com 5 anos de experiência e responsável pela futura operação da unidade.

A planilha de APR preenchida para o estudo realizado na empresa em questão está apresentada na Figura 8 - APR para o Sistema de Ajuste de Ponto de Orvalho. O sistema apresentado é o sistema de ajuste de ponto de orvalho que, conforme citado no item 3 - METODOLOGIA, consiste, resumidamente, no esfriamento do gás através da refrigeração mecânica, com o objetivo de eliminar os componentes mais pesados, que podem condensar durante o seu transporte. As análises foram feitas para um projeto em fase de detalhamento para construção.

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS - APR														
Sistema:	Sistema de Ajuste de Ponto de Orvalho				Referência:	PFD XXX Rev. X						Data:		
Perigo	Causa	Detecção (D) / Salvaguarda (S)	Possíveis Efeitos	Freq.	Pessoal		Instalação		Meio		Imagem		Recomendações e Observações	C.A.
					S	R	S	R	S	R	S	R		
Grande liberação de fluido inflamável e tóxico.	Ruptura em linhas, vaso, permutador, filtro, flanges, válvulas devido à corrosão, fadiga, impacto mecânico, falha de montagem, materiais inadequados.	Visual (D); Detecção de gás e fogo (D); Confirmação de gás (S)-ESD3; Parada automática da produção com despressurização manual/remota (ESD2+HS); Confirmação de fogo (S)-ESD3, parada automática da produção com despressurização automática; Monitoração das variáveis de processo; Sistema de drenagem de área classificada; Sistema de combate a incêndio.	Possibilidade de Jato de fogo e de explosão; Possibilidade de Incêndio em poça; Formação de nuvem tóxica.	B	IV	M	IV	M	I	T	IV	M	Prever estudo de queda de cargas/objetos na área.	1
	Queda de carga/impacto durante movimentação de carga.	Visual (D); Detecção de gás e fogo (D); Confirmação de gás (S)-ESD3; Parada automática da produção com despressurização manual/remota (ESD2+HS); Confirmação de fogo (S)-ESD3, parada automática da produção com despressurização automática; Monitoração das variáveis de processo; Sistema de drenagem de área classificada; Sistema de combate a incêndio.	Possibilidade de Jato de fogo e de explosão; Possibilidade de Incêndio em poça; Formação de nuvem tóxica.	C	IV	M	IV	M	I	T	IV	M	Prever estudo de queda de cargas/objetos na área.	2

Figura 8 - APR para o Sistema de Ajuste de Ponto de Orvalho

Fonte: O Autor (adaptado do estudo realizado na empresa em questão), 2014

Sugere-se que os campos da planilha sejam preenchidos em conjunto com o grupo participante, uma vez que o preenchimento prévio da planilha pelo líder dos estudos pode induzir o grupo, além de criar uma situação de comodidade aos participantes que podem vir a colaborar menos com os levantamentos.

Também, antes de iniciar as discussões referentes a cada subsistema, é de grande importância estabelecer algumas premissas junto à equipe que irá participar das reuniões. Essas premissas devem estabelecer o que deverá ou não ser considerado durante o estudo. Para este estudo considerou-se que: as categorias de risco deveriam ser atribuídas sem considerar as salvaguardas existentes; os procedimentos operacionais, treinamentos padrão e planos de manutenção seriam considerados como salvaguardas; as falhas de demanda em dispositivos de alívio, como PSV's ou até mesmo em sistemas de intertravamento de segurança seriam consideradas causas de desvios.

Na lacuna "Referência" deve ser inserido o número identificador do PFD correspondente ao sistema em estudo, acompanhado do número de revisão do documento. O "Subsistema" deve ser uma subdivisão do sistema, a fim de facilitar a análise. Normalmente

cada subsistema é representado por uma seção isolada, como por exemplo, uma seção entre válvulas automáticas capazes de bloquear o inventário.

Na coluna “Perigo” foi avaliada a ocorrência de uma grande liberação de fluido inflamável e tóxico, uma vez que o gás natural utilizado neste processo contém alguns componentes inflamáveis e tóxicos, como o metano e o enxofre (H₂S), respectivamente. Demais perigos, como pequeno vazamento de líquido ou gás inflamável (vazamento em flanges e selos), presença de mistura inflamável, impactos durante a movimentação de carga, pequeno e grande vazamento de produtos químicos, presença de substâncias sujeitas à combustão espontânea, entre outros, também foram analisados nesta APR, porém não serão detalhados neste trabalho. É importante ressaltar que mesmo quando não houver o perigo, o mesmo deve ser documentado e uma observação deve ser registrada para descrever que não existe a possibilidade de ocorrência do perigo em análise.

A coluna “Causa” evidencia os motivos que podem levar a ocorrência do perigo em questão. As causas devem ser separadas conforme sua frequência de ocorrência. Para o caso de grande liberação de fluido inflamável e tóxico, as causas foram separadas em dois grupos. No primeiro grupo foram identificados: ruptura em linhas, vaso, permutador, filtro, flanges e válvulas devido à corrosão, fadiga, impacto mecânico, falha de montagem e/ou materiais inadequados. Por experiência da equipe participante, não se espera que essas causas aconteçam, apesar de haver referências em instalações similares na indústria. Logo, de acordo com o Quadro 1 - Categorias de Frequência a ocorrência é remota e identificada como B. Já no segundo grupo foram identificados: queda de carga e impacto durante movimentação de carga. É possível que esses incidentes ocorram uma vez durante a vida útil de um conjunto de unidades similares. Logo, de acordo com o Quadro 1 - Categorias de Frequência a ocorrência é possível e identificada como C.

Para os dois grupos de causas levantados, as detecções e as salvaguardas encontradas foram as mesmas. Nesta coluna, é importante acrescentar ao lado de cada identificação se a mesma é detecção (D) ou salvaguarda (S). Por exemplo: a simples detecção de fogo e gás (D) apenas indica a ocorrência do incidente, porém não atua no sistema de forma a mitigar o evento. Já sua confirmação leva a parada automática da produção, com consequente depressurização automática da planta, o que, por si só, caracteriza-se como uma salvaguarda (e, por este motivo está acompanhada da letra “S”), uma vez que evita que maiores sinistros aconteçam. Como detecções também foram levantadas a monitoração das variáveis do processo e a detecção visual. Já como salvaguardas, também foram considerados o sistema de

drenagem da área classificada, o sistema de combate a incêndio e a parada automática da produção com despressurização manual remota.

A coluna de “Possíveis efeitos” deve levantar quais as possíveis consequências para o caso do incidente ocorrer. No caso apresentado foram levantadas as possibilidades de jato de fogo e/ou explosão, de incêndio em poça e/ou formação de nuvem tóxica.

Uma vez preenchidas essas colunas, deve-se avaliar as severidades dos possíveis cenários para “Pessoal”, “Instalação”, “Meio Ambiente” e “Imagem”. Estas colunas são divididas em severidade, caracterizada pela letra “S” e Risco, caracterizado pela letra “R”. As severidades estão relacionadas às consequências e o risco é o resultado da combinação entre a frequência de ocorrência e a severidade, conforme apresentado no Quadro 4 - Matriz de Riscos.

Para a avaliação de severidade “Pessoal”, por exemplo, o grupo considerou possibilidade de ocorrência de até 3 (três) fatalidades intramuros ou lesões severas extramuros. Logo, conforme o Quadro 2 - Categorias de Severidade das Consequências, as severidades neste caso foram identificadas como críticas e representadas pelo número IV. A análise da frequência B com a severidade IV resultou em um risco moderado (M), conforme combinação encontrada no Quadro 4 - Matriz de Riscos. A mesma análise foi realizada para “Instalação”, “Meio Ambiente” e “Imagem”.

A coluna C.A. (Cenário Acidental) representa a sequência numérica das hipóteses acidentais avaliadas pelo grupo.

Conforme se pode observar, a recomendação para o perigo detectado acima é a realização de um estudo de queda de cargas e objetos, o que confirma o já exposto de que a APR não exclui a necessidade de outros tipos de avaliações de riscos. Ao contrário, muitas vezes serve como precursora de outras análises mais detalhadas e específicas.

Outra observação que podemos destacar é que apenas riscos moderados (M) e toleráveis (T) foram constatados para o evento acidental em questão. Sendo assim, conforme apresentado no Quadro 3 - Categorias de Risco, recomendações ou observações podem ser feitas com o intuito de reduzir riscos, mas não são necessárias, uma vez que nenhum risco não tolerável (NT) foi identificado neste sistema.

Além disso, é importante lembrar que a frequência considerada é sempre em relação à probabilidade do evento acidental ocorrer, ou seja, a frequência com a qual as causas podem acontecer. Já a severidade possui relação direta com a consequência do evento, ou seja, a severidade que os possíveis episódios podem ocasionar.

Um relatório com a explicação da metodologia e com a apresentação dos resultados deve ser emitido a partir desta planilha e as recomendações devem ser encaminhadas às disciplinas e seus respectivos responsáveis.

As dificuldades encontradas durante a aplicação da técnica foram referentes à participação e colaboração dos membros durante toda a reunião. Alguns membros, mesmo com solicitação prévia para participação da análise, não disponibilizaram seu tempo para a mesma. Esta participação apenas no momento de sanar dúvidas prolongou o tempo de execução da análise, tanto devido à própria espera dos mesmos quando solicitados, quanto em relação ao tempo para exposição da dúvida e do perigo analisado no momento. Por outro lado, a experiência do grupo tanto em projetos quanto em plantas similares facilitou e enriqueceu a discussão da análise.

4.2 EXECUÇÃO DA TÉCNICA DE HAZOP

A análise de HAZOP foi desenvolvida uma semana após a análise de APR, como complemento da primeira técnica, durante duas tardes. Foram disponibilizadas 8 (oito) horas para as discussões e preenchimento da tabela, acrescidas de 20 (vinte) minutos iniciais disponibilizados no primeiro dia para a explicação da técnica, uma vez que nem todos os membros tinham conhecimento da metodologia, 10 (dez) minutos para a apresentação e integração entre os membros participantes e 10 (dez) minutos para a apresentação do processo e das suas peculiaridades. A equipe era composta pelos seguintes membros:

- Líder: pessoa externa contratada com experiência de 5 (cinco) anos na área de análise de riscos e responsável por explicar e aplicar a metodologia de análise;
- Secretário ou Relator: pessoa externa contratada responsável por registrar as discussões na planilha;
- Coordenador das análises: engenheiro interno da disciplina de segurança de processos com 3 (três) anos de experiência em projetos similares e responsável por selecionar e convocar a equipe participante, organizar e analisar previamente os documentos técnicos, além de diligenciar as possíveis recomendações oriundas do estudo;
- Engenheiro de segurança de processos: 2 (dois) engenheiros internos da disciplina de segurança de processos ambos com 3 (três) anos de experiência em projetos similares e responsáveis por responder desde questões referentes ao sistema de combate a incêndio a questões relacionadas ao acionamento das válvulas de segurança. Respondendo apenas pela parte de projeto de engenharia;

- Engenheiro de Processos Pleno: engenheiro interno com 5 (cinco) anos de experiência na execução de projetos similares e responsável pelo desenvolvimento do projeto;
- Engenheiro de Processos Júnior: engenheiro interno com 3 (três) anos de experiência na execução de projetos similares e também responsável pelo desenvolvimento do projeto;
- *Job leader* de Processos: engenheiro interno com mais de 10 (dez) anos de experiência em projetos e plantas similares e responsável por explicar o processo e suas condições de operação em linhas gerais para os participantes antes do início da análise;
- Engenheiro de Instrumentação Pleno: engenheiro interno com mais de 10 (dez) anos de experiência em projetos e plantas similares e responsável pelo detalhamento dos instrumentos da unidade;
- Engenheiro Mecânico: engenheiro interno com 6 (seis) anos de experiência em projetos similares e responsável por responder questões referentes aos equipamentos da instalação;
- Engenheiro de Segurança do Trabalho: engenheiro interno com mais de 7 anos de experiência na operação de plantas similares. Responsável por explicar a operação e os procedimentos de segurança na área;
- Técnico de Operações: técnico interno com 5 anos de experiência e responsável futura operação da unidade;
- Consultor Técnico de Operações: consultor interno com 7 anos de experiência em plantas similares.

A planilha de HAZOP preenchida para o estudo realizado na empresa em questão está apresentada na Figura 9 - HAZOP do Subsistema de Ajuste no Sistema de Ponto de Orvalho.

Subsistema:		Sistema de Controle do Ponto de Orvalho		Documento:	XXX	Data:	
Nó 01: Da SDV-01, passando pelo trocador (P-01), pelo vaso (V-01) e pelo filtro coalescedor (FT-01A/B). Inclui as linhas de condensado na saída do V-01 até Unidade de Recuperação.							
Desvios	Causas	Consequências	Detecção (D) / Salvaguardas (S)	Recomendações / Observações	Cenários		
Nível Maior no V-01	1 - Falha na malha de controle de nível LIC-01. 2 - Falha Fechada da SDV-03.	1 - Arraste de líquido para o FT-01 A/B. 2 - Perda de eficiência no ajuste do ponto de orvalho (aumento da recirculação).	1 - LSHH-01 (Alarme de Nível Muito Alto) fechando as SDV-01/02 (D/S).	--	1		
Nível Menor no V-01	1 - Falha na malha de controle de nível LIC-01.	1 - Possível aumento de pressão na linha de recirculação. 2 - Perda de eficiência no ajuste do ponto de orvalho (aumento da recirculação).	1 - LSHH-01 (Alarme de Nível Muito Baixo) fechando a SDV-03 (D/S). 2 - PSHH-01 (Alarme de Pressão Muito Alta) fechando as SDV-03 (D/S). 3 - Abertura das PSV-01/02 alinhadas para tocha (S).	Incluir nas ações de intertravamento do PSHH-01 (Alarme de Pressão Muito Alta) ação de fechamento das SDV-01/02.	2		

Figura 9 - HAZOP do Subsistema de Ajuste no Sistema de Ponto de Orvalho

Fonte: O Autor (adaptado do estudo realizado na empresa em questão), 2014

Da mesma forma como foi proposto na APR, sugere-se que os campos da planilha sejam preenchidos em conjunto com o grupo participante. Vale lembrar que na planilha de HAZOP, além da identificação do subsistema, deve-se descrever o nó em análise, que simplificarmente, é uma divisão do subsistema englobando instrumentos e linhas.

As premissas estabelecidas em conjunto com o grupo foram: que falhas simultâneas e possíveis consequências de desdobramentos dos acidentes que afetem outros sistemas (efeito dominó) não seriam avaliadas e que apenas instrumentos com alarme associado poderiam ser considerados detecção, com exceção aos casos nos quais a operação fosse assistida localmente.

A primeira coluna da planilha deve apresentar o desvio a ser analisado a partir de uma palavra-guia ligada a um parâmetro de processo. O caso acima descreve o parâmetro “nível” junto às palavras-guia “menor” e “maior”. Demais parâmetros de processos, como fluxo, contaminação, temperatura e pressão também foram analisados, porém não foram descritos no presente trabalho.

O vaso (V-01) para o qual foi analisado o desvio é um vaso de pressão onde o gás é expandido para posterior separação a frio, também conhecido como *cold vessel* ou *low temperature separator*. Difere de um separador comum pelo fato de tratar e aliviar os hidratos de gás que são formados devido ao resfriamento do mesmo.

Para o caso de “Nível maior no Vaso (V-01)” as causas levantadas pelos participantes e registradas na segunda coluna, foram: falha na malha de controle de nível, que acontece se o vaso alcançar um nível maior e o controle para alarme de nível alto falhar, ou falha fechada da SDV-01 quando por algum motivo a SDV-01 falhar (a válvula fecha quando falha) e o nível do vaso subir, uma vez que esta SDV-01 está à jusante (na saída) do vaso. A SDV (*shutdown valve*), conforme citado anteriormente, é uma válvula de fechamento automática utilizada em sistemas de segurança.

As consequências registradas na terceira coluna se devem a ocorrência deste desvio e foram: arraste de líquido para o filtro (FT-01), uma vez que este recebe o gás advindo do V-01 e perda de eficiência no ajuste do ponto de orvalho devido ao aumento da recirculação do gás.

A detecção (quarta coluna) neste caso é o alarme de nível muito alto (*high-high*) que também é salvaguarda do sistema, uma vez que quando o nível máximo é alcançado, este manda um sinal para o painel de controle e fecha automaticamente a SDV-01. Vale observar que, uma vez que o sistema possui detecção e salvaguarda, nenhuma recomendação é necessária, visto que o sistema já se encontra dentro de uma condição segura de processo. Caso existam recomendações, essas devem ser focadas em eliminar a causa e não em mitigar as consequências do cenário analisado.

Logo, como este desvio já possui detecção e salvaguarda capazes de evitar o incidente, nenhuma recomendação foi registrada na quinta coluna da planilha.

Por fim, a última coluna apresenta o número sequencial dos desvios analisados.

Para o caso de “Nível Menor no V-01” foi apontada como causa a falha na malha de controle de nível que acontece se o vaso estiver operando abaixo do seu nível normal de operação e o controle para alarme de nível baixo falhar.

Como consequências foram levantadas a perda de eficiência no ajuste de ponto de orvalho devido ao aumento da recirculação, além de um possível aumento de pressão na linha de recirculação.

As detecções para este caso são: o alarme de nível muito baixo (*low-low*), que também é salvaguarda do sistema, uma vez que quando o nível mínimo é alcançado este manda um sinal para o painel de controle e fecha automaticamente a SDV-03; o alarme de pressão muito alta que também fecha a SDV-03 e a abertura das PSVs-01/02 (*pressure relief valves*) que estão alinhadas para a tocha. Nota-se que, mesmo com as detecções e salvaguardas levantadas para o cenário 2, foi registrada a recomendação para inclusão da ação de fechamento das SDVs-01/02 nas ações de intertravamento do alarme de pressão muito alta (PSHH-01).

A partir desta planilha, após todos os desvios serem levantados, um relatório com a explicação da metodologia e com a apresentação dos resultados é emitido e as recomendações são encaminhadas às disciplinas e aos responsáveis, da mesma forma como acontece na APR.

As dificuldades encontradas durante a aplicação da técnica foram referentes ao tamanho do grupo participante. Alguns membros dispersavam com facilidade o que prolongou o tempo de execução da análise. Neste ponto, é válido ressaltar a importância do líder em focar as energias do grupo apenas nas discussões referentes aos desvios analisados. Por outro lado, a experiência, tanto em projetos quanto em plantas similares, facilitou e enriqueceu as discussões durante a análise. Além disso, os 10 (dez) minutos iniciais disponibilizados para a apresentação do processo contribuíram para a melhor compreensão do processo que seria discutido pelo grupo, uma vez que o mesmo estava alinhado quanto à nova unidade produtiva.

4.3 COMPARATIVO ENTRE AS TÉCNICAS

A análise de APR, como se pôde observar, apresentou como recomendação o desenvolvimento de um estudo de queda de cargas e objetos na área. Isso comprova que esta análise, usualmente, ajuda a selecionar as áreas da unidade onde outras técnicas de análise de riscos devem ser usadas, como, em outros casos: o estudo de dispersão de gases, também conhecido como CFD (*Computational Fluid Dynamics* – Fluidodinâmica Computacional), o qual analisa possíveis vazamentos e, até mesmo o HAZOP, o qual identifica possíveis desvios nas linhas de processo e que foi utilizado no presente trabalho para complementar a técnica de APR.

Já as recomendações geradas no HAZOP, usualmente, fazem referência às linhas de processos, como a inclusão de ações de intertravamento, conforme apresentado no caso anterior. Trata-se de uma análise mais detalhista sobre todos os instrumentos e linhas de processo que envolvem o projeto da unidade.

Desta forma, a prática de utilizar essas análises em conjunto mostrou-se bastante eficiente, uma vez que o estudo de APR é utilizado para pré-identificar falhas gerais no processo referentes aos equipamentos e a operação, e o HAZOP complementa a abordagem dos riscos à medida que analisa possíveis desvios nas linhas de processo e possíveis problemas operacionais referentes a todos os instrumentos e equipamentos da planta.

Para o sucesso de ambas as análises é importante ficar ter cuidado com uma série de fatores, que vão desde a integridade dos dados utilizados como base para o desenvolvimento

dos estudos até a experiência técnica da equipe participante. Como apresentado anteriormente, o *know how* dos membros enriquece o levantamento das discussões e introduz uma parcela bastante particular ao resultado da análise, visto que as avaliações das condições de segurança dependem do conhecimento dos membros da equipe. Sendo assim, equipes diferentes podem obter resultados diferentes para cada unidade em questão. Soma-se a isso a habilidade do líder em promover um *brainstorming* produtivo que garanta a sintonia entre o grupo e o melhor aproveitamento do tempo de discussão e que evite a dispersão dos participantes.

Vale ressaltar que para toda e qualquer análise de risco, é importante que se faça um acompanhamento das pendências após a conclusão dos estudos, a fim de registrar a implementação das recomendações por parte da disciplina responsável. Este relatório de acompanhamento e fechamento é um registro juntamente com a documentação atualizada do projeto do que foi implementado após a realização das análises.

Além disso, pode-se constatar que, enquanto a APR trata de um estudo preliminar e pode ser realizada ainda durante o projeto conceitual, a análise de HAZOP necessita de dados mais detalhados, ou seja, com um nível mínimo exigido de um projeto básico, fato este que não exclui o uso dessas análises durante outras etapas do projeto, como nas fases de pré-detalhamento e detalhamento ou até mesmo com a unidade já em operação.

Após a avaliação da revisão bibliográfica e aplicação das técnicas, foi possível desenvolver a tabela apresentada no

Técnicas	Projeto Conceitual	Projeto Básico	Pré-detalhamento e detalhamento	Construção e Montagem	Operação	Desativação
APR	X	X	X	X	X	X
HAZOP		X	X		X	

Quadro 6 - Análises versus Etapas de Projeto. Este quadro sugere, de forma geral, em quais etapas cada análise deve ser realizada para ser mais efetiva.

Técnicas	Projeto Conceitual	Projeto Básico	Pré-detalhamento e detalhamento	Construção e Montagem	Operação	Desativação
APR	X	X	X	X	X	X
HAZOP		X	X		X	

Quadro 6 - Análises versus Etapas de Projeto

Fonte: O Autor, 2014

Do ponto de vista econômico, vale ressaltar que quando os estudos são realizados durante as fases iniciais do projeto, sua eficiência é maior, uma vez que qualquer risco previamente identificado causa menos impacto quando modificado em fase de projeto. Acrescenta-se a isso o fato de que riscos identificados para uma planta que já está em

operação, quando não mitigados, podem acarretar em uma parada de produção não prevista e até mesmo em acidentes.

Através, também, da avaliação da revisão bibliográfica e aplicação das técnicas, foi possível elaborar o levantamento apresentado no Quadro 7 - Vantagens e Desvantagens das Análises de APR e HAZOP que indica os principais pontos de cada análise.

Técnicas	Vantagens	Desvantagens
APR	<ul style="list-style-type: none"> - Técnica sistemática e lógica; - Identificação dos perigos com antecedência; - Identificação de critérios para dar continuidade ao desenvolvimento do processo; - Mitigação e controle dos possíveis perigos existentes; - Ajuda na seleção de áreas da instalação nas quais outras técnicas de análise de risco devam ser usadas; - Estimula o <i>brainstorming</i>; - Relativamente rápida quando comparado com a aplicação de técnicas similares. 	<ul style="list-style-type: none"> - Depende da experiência do grupo participante; - Precisa de um líder especializado para conduzir a análise; - Medidas excessivas de proteção; - Normalmente aplicado em fase inicial quando as informações disponíveis são limitadas ou passíveis de sofrer alterações.
HAZOP	<ul style="list-style-type: none"> - Técnica sistemática e lógica; - Identificação de desvios que possam ocasionar eventos perigosos; - Identificação de desvios que possam ocasionar problemas operacionais; - Levantamento de causas que possam gerar desvios; - Estimula o <i>brainstorming</i>; - Revisão completa do projeto da instalação e da sua operação; - Melhoria da eficiência da planta. 	<ul style="list-style-type: none"> - Depende da experiência do grupo participante; - Precisa de um líder especializado para conduzir a análise; - Medidas excessivas de proteção; - Consumo de tempo elevado quando comparado com a aplicação de técnicas similares.

Quadro 7 - Vantagens e Desvantagens das Análises de APR e HAZOP

Fonte: O Autor, 2014

De modo geral, pode-se dizer que ambas as análises geram muitas discussões e, em alguns casos, atrito entre os membros que executaram o projeto e os membros que operam ou operarão as plantas em análise. É importante que essas discussões sejam levantadas de

maneira saudável e de forma a enriquecer o trabalho, para que tanto as peculiaridades do projeto, quanto a forma como plantas similares são realmente operadas, sejam relatados e considerados. Somente dessa forma as técnicas serão capazes de promover e estimular o trabalho em equipe e a responsabilidade solidária.

5 CONCLUSÕES

O trabalho atingiu os objetivos propostos, uma vez que, conforme aqui apresentadas, as análises mostraram-se complementares e não concorrentes, por se tratarem de técnicas qualitativas que possuem abordagens diferentes entre si sobre os riscos da unidade. Quando usadas em conjunto, as técnicas de APR e HAZOP reduzem, quando não esgotam, todas as possibilidades de incidentes que possam ser previamente identificados na indústria, pois as recomendações das análises são utilizadas como ponto de partida para modificações no projeto e/ou operação, o que exclui a necessidade de técnicas quantitativas, neste caso, para a análise completa dos riscos.

Pôde-se observar, também, que apenas através da utilização de uma metodologia sistemática e estruturada é possível obter um resultado eficaz dessas análises. Ainda, para facilitar o estudo dos riscos, uma sugestão é que os mesmos sejam avaliados individualmente para cada situação no que diz respeito à segurança pessoal, ao patrimônio, à continuidade operacional, ao meio ambiente e a imagem da empresa, conforme exemplo apresentado no trabalho. Isto facilita a sugestão de onde as recomendações e/ou sugestões devem ser aplicadas e onde elas causam impacto.

A metodologia de aplicar ambas as técnicas em um mesmo projeto mostrou ser uma excelente alternativa para levantar possíveis distúrbios na planta, bloqueios não planejados, danos aos equipamentos e mudanças nos procedimentos operacionais, além de fornecer subsídios e embasamentos aos responsáveis para que esses possam executar um plano de ações antecipado otimizando tempo e dinheiro.

Por último e, não menos importante, é válido lembrar que demais cuidados devem ser tomados, além das análises de risco, para que a segurança seja mantida no local. O treinamento contínuo de todos os colaboradores, o gerenciamento de mudanças, a revisão da documentação técnica e dos procedimentos de segurança antes do *startup* de qualquer unidade são alguns dos cuidados básicos a serem tomados.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, L. A. **Metodologias de Análise de Riscos - APP & Hazop**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em:

http://professor.ucg.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/13179/material/APP_e_HAZOP.pdf

Acessado em 20 de Janeiro de 2014.

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS - AIChE. **Guideliness for Hazard Evaluation Procedure**. Center for Chemical Process Safety. Third Edition, 2008.

AMORIM, Eduardo Lucena C. de. **Apostila de Ferramentas de Análise de Risco**. UNIFAL, Alagoas, 2010. Disponível em:

<https://sites.google.com/site/elcaufal/disciplinas/programacao-estruturada>

Acessado em 29 de Janeiro de 2014.

AS/NZS – Standards Australia/Standards New Zealand. **AS/NZS 4360:2004 Risk Management**. Sydney: AS, 2004. Disponível em:

<file:///C:/Users/curitiba/Downloads/Risk%20Management%20Guidelines%20Companion%20to%20AS%20NZS%204360%202004.pdf>

Acessado em 03 de Fevereiro de 2014.

BROWN, Anthony. **Análise de Risco**. Boletim Técnico da GSI. Grupo de Pesquisa em Segurança contra Incêndio do Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo da Universidade de São Paulo – GSI/NUTAU/USP. Ano III, nº1, janeiro-fevereiro/1998. Disponível em:

<http://www.lmc.ep.usp.br/grupos/gsi/wp-content/boletim/3-1.pdf>

Acessado em 20 de Fevereiro de 2014.

CETESB - Norma **P4.261- Risco de Acidente de Origem Tecnológica - Método para decisão e termos de referência**. São Paulo, 2011. Disponível em:

<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/servicos/normas/pdf/P4261-140414.pdf>

Acessado em 20 de Março de 2014.

CIn/ UFPE (Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco). **Gerência do Risco do Projeto**. Capítulo 11.3. Disponível em:

http://www.cin.ufpe.br/~if717/Pmbok2000/pmbok_v2p/wsp_11.3.html

Acessado em 01 de Fevereiro de 2014.

CIn/ UFPE (Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco). **Gerência do Risco do Projeto**. Capítulo 11.4. Disponível em:

http://www.cin.ufpe.br/~if717/Pmbok2000/pmbok_v2p/wsp_11.4.html

Acessado em 01 de Fevereiro de 2014.

De CICCIO, Francesco e FANTAZZINI, Mario Luiz. Maio. **Tecnologias Consagradas de Gestão de Riscos**, 2003.

DUNJÓ, Jordi et al.. Hazard and operability (HAZOP) analysis. A literature review. **Journal of Hazardous Materials**, n. 173, p. 19–32, 2010.

ELETRONUCLEAR. Estudo de Impacto Ambiental – EIA da Unidade 3 da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto. Volume 6 – Análise e Gerenciamento de Risco e de Emergência, cap. 12.2.7.2, 2014. Disponível em:

http://www.eletronuclear.gov.br/hotsites/eia/v06_12_analise.html#12272

Acessado em 16 de Março de 2014.

ESTEVES, Victor. APR – Análise Preliminar de Risco. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (POLI/UFRJ). Disponível em:

<file:///C:/Users/curitiba/Downloads/APR.pdf>

Acessado em 19 de Março de 2014.

FARBER, José Henrique. **Análise de riscos - dicas de como organizar um trabalho preventivo na empresa**. Proteção, São Paulo, v. 4, n. 16, p. 36-37, abril-maio, 1992.

GRAF, Holger and TRAUB, Henner Schmidt. Process Hazard Identification During Plant Design by Qualitative Modelling, Simulation and Analysis. **Computers and Chemical Engineering Supplement**, Dortmund, Germany, p. 59-62, 1999.

IBAMA. **Guia de Procedimentos do Licenciamento Ambiental Federal**, 2002.

JACKSON, N.B. **Process Safety Overview**. International Chemical Threat Reduction. Sandia National Laboratories. Albuquerque, NM, 2011. Disponível em:

<http://www.multka.com/download/S1.pdf>

Acessado em 03 de Fevereiro de 2014.

JORGENSEN, S.B. et al.. A functional HAZOP methodology. **Computers and Chemical Engineering**, Denmark, n. 34, p. 244–253, 2010.

KLETZ, Trevor A. Hazop-past and future. **Reliability Engineering and System Safety**, Department of Chemical Engineering, Loughborough, Leicestershire, UK, n. 55, p. 263-266, 1997.

KOTEK, L., TABAS, M.. HAZOP study with qualitative risk analysis for prioritization of corrective and preventive actions, **Procedia Engineering**, República Tcheca, n. 42, p. 808 – 815, 2012.

LOEWE, Katharina e KARIUKI S.G. Integrating human factors into process hazard analysis. **Reliability Engineering and System Safety**, Technische Universität Berlin, Institute of Process and Plant Technology. Berlin, Germany, n. 92, p. 1764-1773, 2007.

MARSHALL, V. **Major chemical hazards**. London: Ellis Horwood and John, 1987.

McKAY, G. et al. Safety education for chemical engineering students in Hong Kong: Development of HAZOP Study teaching module. **Education for Chemical Engineers**, Kowloon, Hong Kong, n. 6, p. 31–55, 2011.

NOLAN, Dennis P. **Application of HAZOP and What-If safety reviews to the petroleum, petrochemical & chemical industries**. New Jersey, U.S.A.: Noyes Publications, 1994.

OLIVEIRA, M.B.; CASTRO, J.A.; SILVA, A.J.. **Modelagem da Cinética de Formação de Hidratos utilizando o Modelo do Campo de Fase em Condições Similares a Dutos de Petróleo**. Metalurgia e Materiais, 2008.

SOTILLE, Mauro Afonso. **Dicas de certificação PMP – Análise Qualitativa de Riscos**. 2013. Disponível em:

<http://www.pmtech.com.br/PMP/Qualitativa.pdf>

Acessado em 10 de Fevereiro de 2014.

SOUZA, Evandro Abreu de. **O Treinamento Industrial e a Gerência de Riscos - Uma Proposta de Instrução Programada**. 1995. Capítulo 2. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em:

http://www.eps.ufsc.br/disserta/evandro/capit_2/cap2_eva.htm

Acessado em 02 de Fevereiro de 2014.

VAZ, C. E. M; MAIA, J. L. P.; SANTOS, W. G. dos. **Tecnologia da indústria do gás natural**. 3ª ed. São Paulo. Blucher, 2008.